心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 7, 1–14
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.001

意识的层级性和丰富性：解读意识的两条路径*

曹晋菁 仇式明 定险峰 程晓荣 范 炤

(青少年网络心理与行为教育部重点实验室(华中师范大学); 人的发展与心理健康湖北省重点实验室; 华中师范大学心理学院, 武汉 430079)

摘 要 意识的层级性指意识加工模式究竟是遵循“全或无”还是“渐变”机制；意识的丰富性指意识的表征内容究竟是“丰富的”还是“贫乏的”。层级性和丰富性分别从加工质量和加工范围两个角度对意识体验加以探索。它们是解读意识这一人类基本科学问题的两条重要路径——任何有关意识形成机制的理论，都必须对这两个问题做出全面、准确、合理的解释。全面梳理和分析这两个问题的最新研究进展，有助于厘清相关研究问题中不同观点的争论，并能够揭示出两个问题之间的内在关联，即二者都涉及意识的形成是否必须依赖认知取用的争论。未来相关研究可以通过改进实验范式及方法，积极探索新的理论假说，为不同情景中意识层级性和丰富性的复杂性表现提供统合解释。

关键词 意识，层级性，丰富性，认知神经机制，意识形成机制理论
分类号 B842

1 引言

意识被认为是心智和心灵状态的核心特征(Kim, 2011)，也是哲学、心理学和认知科学长期关注的一个研究领域(Seth & Bayne, 2022)。然而在日常生活以及不同的研究领域中，“意识”概念却有着丰富的外延(extension)，它既可以指伴随着认知活动、一般也称为“觉醒” (wakefulness)的整体意识状态，也用于指称自我意识、形而上学中作为心灵实体(entity)的意识(van Gulick, 2022)。本文则主要聚焦于认知心理学研究中的“意识”，即特定认知加工任务中，基于特定刺激所产生的*意识内容*和相应的*局部意识状态*。

当看到外界刺激(如看到一个红点)时，一方面我们会对它形成一种主观体验(如对红色的主观体验)，这种第一人称的“what-it-is-like”体验被认为是意识状态的判断标准(Kim, 2011; Nagel, 1974)；但另一方面我们也会针对这个刺激做出各种反应，比如会对它形成记忆(记住出现了一个红点)，说出这个刺激的存在(“有一个红点”)，根据它做出相应的判断和决策(如判断出那是 NOGO 指令并决定不反应)等等。那么我们对刺激形成的主观意识体验，它与那些被认知系统(包括记忆、语言、决策、注意选择和反应控制等子系统)进一步获取、利用的信息，即得到认知取用(cognitive access)的信息(Block, 2011; Dehaene et al., 2017)，是否具有内容上的一致性？二者的形成机制是否相同？主观意识体验与认知取用加工的关系以及意识的形成机制，是意识研究的一个重要方向(Fazekas & Overgaard, 2018; van Gulick, 2022)。

虽然目前关于意识还没有一个公认的定义，但意识的最大特点就是个体对内外环境的主观体验，这种主观体验具有不同的侧重面：从意识内容的加工质量角度，意识表征存在不同的清晰度和稳定性——即意识体验的层级性(The Gradedness of Consciousness) (如 Jimenez et al., 2021; Kim & Chong, 2021; Mashour et al., 2020)；从意识内容的加工范围角度，意识表征存在不同的广泛程度和复杂程度——即意识体验的丰富性(The Richness of Consciousness) (如 Fu et al., 2021; Howe & Lee,

收稿日期：2022-08-02
* 国家社会科学基金教育学一般课题“儿童‘体力/认知权衡’能力：心理加工机制及其干预研究” (BBA210036)资助。
通信作者：程晓荣, E-mail: x.cheng@ccnu.edu.cn;
范炤, E-mail: z.fan@ccnu.edu.cn

2021; Xu et al., 2020)。

不同的实验范式可以从不同角度入手对意识体验加以测量。近年来，一些实验范式从加工质量——清晰度和稳定性入手，对意识层级性问题——即意识的形成与加工到底是遵循“全或无” (all-or-none)、二分(dichotomous)模式，还是从低到高连续变化的“渐变” (gradual)、层级(graded)模式，开展了探讨。例如，研究者通过知觉意识量表(perceptual awareness scale, PAS; 1 点至 4 点或 1 点至 21 点，1 点对应无感知，4 点和 21 点对应完全清楚感知，中间点对应不同程度的感知水平)来测量被试对刺激的视觉意识水平(Ramsøy & Overgaard, 2004; Sergent & Dehaene, 2004)。同时，另一些实验范式则从加工范围——广泛程度和复杂程度入手，对意识丰富性问题——即个体对外来刺激所形成的意识表征是丰富的(rich)，还是贫乏的(sparse/impoverished)，开展了探讨。例如，研究者采用大量报告范式(massive report paradigm, MRP)测量个体对刺激的意识加工的广泛程度，即在被试观看完某张图片后，多次呈现该图片或其他图片的部分内容，要求被试判断呈现的这些部分内容是否属于原始图片(Liang et al., 2022)。在研究者采用不同的范式对意识主观体验进行探究的过程中，研究者提出了各种学说和理论来解释不同甚至相互矛盾的实验结果，因此，当前对意识层级性和意识丰富性的探索，正分别从意识体验质量和意识体验范围两个角度来丰富和发展意识的形成机制研究。

从研究方法角度需要特别注意的一点是，过往关于意识和无意识加工的实验研究发现，个体的意识阈限可以分为两类：客观阈限和主观阈限(Cheesman & Merikle, 1984, 1986; Stein et al., 2021)，通常后者要高于前者。客观阈限主要体现在被试的客观行为反应上，如刺激辨别任务中被试判断的正确率，客观阈限以下对应被试的迫选正确率等于或低于猜测概率/随机概率；主观阈限则是由被试的主观汇报(即有无观察到刺激呈现)测得，主观阈限以下则对应被试汇报未觉察到刺激的情况，此时主观汇报与被试反应之间可能出现分离——即被试的迫选正确率可能显著高于，也可能等于或低于猜测概率/随机概率。意识的层级性和丰富性的研究方法中，存在两种方法的混合使用，两者相辅相成。例如，在典型的意识层级性研究(Kim & Chong, 2021)和意识丰富性研究(Del Pin et al., 2020)中，以 PAS 测量为代表的主观意识指标和以迫选正确率为代表的客观意识指标均被同时使用；但是无论使用哪种指标，研究重点都是在同一意识测量类型(主观或客观指标)内部，对不同实验条件之间意识体验的可能差异加以比较。

意识的层级性和丰富性虽然从两组不同范式的研究发展而来，但它们却存在密不可分的内在联系：二者从不同角度折射出意识加工和表征形成机制的特性，反映出主观意识体验在不同方面的特征；并且二者的核心都涉及到主观意识体验的形成是否必须依赖于认知取用加工的争论。特别是，近年来，意识研究领域提出的新理论，例如建立在自我监控和记忆基础上的高阶记忆理论(higher-order mnemonic theory, HOMT, Lau et al., 2022)和意识形成的双神经网络理论(Graziano, 2022)，均以理论构想的方式，对如何在意识形成机制中同时实现意识体验的加工质量和加工范围有所涉及(详见“总结、讨论与展望”)。因此，对这两个问题的联合思考，不但有助于解决每个问题中不同观点的碰撞；更为重要的是，有助于回答意识形成机制——即“意识到底是什么，意识如何产生？”这一人类基本科学问题(Koch, 2018)。

本文将首先对意识层级性和丰富性的最新研究进展进行全面梳理和分析，借以厘清相关研究问题中不同观点的争论；其次将对这两个问题与意识形成机制的内在关联进行讨论；最后，对如何更好地推进意识层级性和丰富性研究，以及如何为两问题及其中对立的观点与实验现象提供统合的解释进行了述评和研究展望。

2 意识加工模式的层级性问题

基于实证发现，研究者们对意识的加工模式，特别是意识加工的层级性问题提出了四种理论假说。第一种假说主张意识加工遵循“全或无”模式(all-or-none access to conscious perception; 如 Baars, 1988; Dehaene et al., 2017)，即只有当信息加工符合一定条件时，个体才会形成关于该信息的意识，否则不形成意识。第二种假说则认为意识形成所需要满足的条件较低，当所涉及脑区活动逐步增加时，所形成意识表征的质量也会逐步提升，即意识加工遵循“渐变”模式(graded visual awareness;

Lamme, 2006; Zeki, 2003)。第三种假说采用“全或无”模式的理论内核，但将意识表征进行不同维度的分解，并通过多个独立维度意识表征的叠加(summation)来解释意识为何具有层级性的外在表现(即基于“全或无”的层级意识，all-or-none-based Gradedness of Consciousness) (如部分意识假说；Kim & Chong, 2021; Kouider et al., 2010)。近期还有研究者将“全或无”及“渐变”两种加工模式进行条件整合，形成具有复合特征的第四种假说(即整合说，integrated view) (如加工水平假说；Jimenez et al., 2021; Windey & Cleeremans, 2015)。下面分述这四种假说及相应的研究进展。

2.1 “全或无”加工模式

在主张意识加工遵循“全或无”机制的理论中，全局工作空间理论(global workspace theory, GWT) (Baars, 1988)由于得到较多实证支持而广为流传。GWT 理论认为人脑中有一个联结感觉输入、注意、记忆、语言报告、行动计划等多个脑功能的“工作空间”，感官信息只有在该空间内“广播”(broadcast)并被多个脑区接收、加工时，个体才会对该信息产生意识。因此，信息得到工作空间内认知(子)系统的获取和利用，是意识形成的必备条件——“先有取用，才有意识”。在 GWT 基础上，有研究者(Dehaene et al., 1998, 2006, 2017)进一步完善了该理论的神经机制，提出全局神经工作空间理论(global neural workspace theory, GNWT)。GNWT 认为，工作空间内信息的“广播”受一种广泛分布的长轴突锥体神经元(即 GNW 神经元)调控。该神经元与前额叶、顶叶等负责运动、记忆、注意功能的多个脑区内的神经元形成双向联结，从而能够同时接收和传递自下而上与自上而下的信息，以实现对不同脑区信息加工的激活或抑制。当大量 GNW 神经元被同步激活时，就会在工作空间内产生所谓“点燃” (ignition)的非线性神经活动(Gelbard-Sagiv et al., 2018)，使感官信息得到广播并形成意识。GWT 和 GNWT 认为意识只存在“全或无”两种加工模式(类似“阈限”的概念)而没有中间状态——即要么表征得到“广播”形成完全意识，要么不形成意识。

意识的“全或无”加工模式得到了许多实证研究的支持(见综述，Mashour et al., 2020)。例如，Sergent 和 Dehaene (2004)利用注意瞬脱(attentional blink, AB)为意识的“全或无”加工提供了行为证据。Dehaene 和 Changeux (2011)则通过比较被试有无意识条件下的神经活动，发现刺激呈现 200~300 ms 后的时间窗内，神经活动会突然出现非线性差异性变化，从而为 GNWT 的非线性“点燃”提供了神经证据。此外，Sanchez 等(2020)通过比较视觉、听觉、触觉等通道的知觉意识加工，进一步证实了“点燃”神经活动具有跨通道(cross-modality)普遍性。

但是，GNWT 对于意识产生的神经机制的论述受到了研究者的质疑(如 Förster et al., 2020)。如上段所述，GNWT 认为在刺激呈现 200~300 ms 后，“点燃”发生进而产生意识，因此 GNWT 预测脑电成分 P3 可能是意识产生的标志物(见本文 4.2)。但是，Koivisto 等(2016)通过对比 GO 和 NOGO 两种任务条件下的 P3 波幅，发现在有意识条件下，P3 波幅的增强依赖于 GO 条件中的主观报告。有研究者进一步采用无报告范式(no-report paradigm)发现，在不需要报告刺激类别(动物、物体或无)的情况下，即便被试能够清晰感知到刺激，也并不能产生显著的 P3 成分(Cohen et al., 2020)。这些结果提示 P3 的出现可能不是意识产生的标志，而是与个体是否执行汇报有关。虽然这些结果并不能完全推翻 GNWT 的理论建构，但从一定程度上削弱了其对意识层级性的解释效力。

2.2 “渐变”加工模式

此类理论主张局部神经皮层内的信息加工即可形成意识，并且所形成意识的质量(如表征的清晰度和稳定性)会随着信息加工所涉及脑区的差异而变化(Eiserbeck et al., 2021; Lamme, 2006; Zeki, 2003)。与 GWT/GNWT 不同，“渐变”观点主张信息的广播和认知取用并非意识形成的必要条件；相反，局部神经加工就可以形成不可报告的低质量意识；而在高级皮层的进一步参与下，意识表征的质量得到提升，并部分地得到认知取用加工——即“意识无需取用，可先有意识后部分取用”。其中，最小意识理论(micro-consciousness theory, MCT)认为，在加工特定属性的皮层区域内就可以形成针对该属性的意识，而当信息在更多皮层区域间传播时，则可以进一步将多个属性意识加以绑定(binding)而形成宏观意识(macro-consciousness)，直至个人的整体意识(unified-consciousness) (Zeki, 2003)。另一更具有代表性的循环加工理论(recurrent processing theory, RPT)则

认为，仅凭低级感觉皮层中的快速前馈扫描(feedforward sweep)尚不足以产生意识，但感觉皮层中不同高低加工水平模块间的循环加工，即皮层区域间信息的互相流通，使前馈和反馈的信号形成闭合环路，就是形成不同质量的意识表征的充分条件，且基于局部循环加工所形成的意识无需注意参与(attention-free)；只有当额顶叶神经网络和语言相关的更高级皮层也参与循环加工时，才形成可通过语言或行为进行主观报告的高质量意识表征(Lamme, 2006)。由于 MCT 和 RPT 都认为意识能以较低质量的样态(仅针对特定属性，且无法语言报告)产生，并且可以随着加工所涉及脑区的增加而形成更高质量的样态(如涉及多个属性，且能主观报告)，因此可以将 MCT 和 RPT 的主张概括为意识表征的质量从低到高的“渐变”性意识加工模式。

与“全或无”模式相比，“渐变”模式的一项优势在于可以与层级意识现象相融洽并为其提供合理解释。层级意识现象最早由 Zeki 和 Ffytche (1998)在对盲视(blindsight)患者的研究中发现。盲视是因负责视觉加工的脑区受损所导致的视力缺陷，患者对其视野内某一区域缺乏主观视觉体验，却能在客观迫选任务中对呈现在该区域内的刺激做出高于概率水平的表现(Mazzi et al., 2019)。先前研究往往将盲视症状归因于无意识加工，但 Zeki 和 Ffytche 却发现患者并没有完全丧失其盲视区域内的视觉意识，而是仍然具有一定程度的模糊视觉(即患者对该区域的视觉意识水平高于蒙眼条件)。而 Ramsøy 和 Overgaard (2004)向健康被试呈现阈值水平的刺激，并使用改进的四点知觉意识量表(1~4 分别对应：无感知，大致感知，几乎清楚感知，完全清楚感知)来测量视觉意识水平。其结果发现，随着刺激呈现时间的增长，被试的 PAS 评分也发生“渐变”式变化，表明个体的意识水平可能介于无意识和完全意识水平之间，因而为“渐变”加工模式提供了直接实验证据。

但“渐变”意识加工模式也受到了一定质疑，例如有观点认为 MCT、RPT 等理论虽然提出局部区域内的加工可以产生意识，却没有对意识形成所需要的条件进行严格定义，这可能导致对意识概念的泛化——“即使在其报告没有意识时，被试可能也产生了意识”，进而造成意识存在与否的判断难题(Cohen & Dennett, 2011)。另外，近期也有研究者(Michel & Doerig, 2021)指出，这类理论无法为发生在 300~400 ms 时间尺度上的长时程后测(long-lasting postdiction)现象(Drissi-Daoudi et al., 2019)提供合理解释。

2.3 升级“全或无”以解释层级意识

早期的“全或无”加工模式研究对层级意识现象提出了否定，例如 Sergent 和 Dehaene (2004)在 AB 实验中令被试使用 21 点 PAS 量表评估其对第二个目标的意识水平，结果发现意识评估情况可以完全由无意识和最高水平的完全意识两个预测因子来解释，而无需借助中间水平的意识评分。然而，近年来的研究发现，层级意识现象是否出现与所使用量表的长度、实验范式等都存在相关。过长的量表可能造成被试对意识中间状态的主动放弃(如 21 点的中间部分对被试而言意义不明确)；而当使用 3 点或 4 点量表，以及使用掩蔽等范式时，层级意识变得非常显著(Pretorius et al., 2016)。因此近年来，“全或无”加工模式的支持者(如 Kim & Chong, 2021; Kouider et al., 2010)试图以该模式为核心，通过将意识表征在多维度加以分解，来解释为什么在“全或无”加工内核的基础上可以产生层级意识现象，而不必诉诸“渐变”的加工模式。

此类理论的典型代表为 Kouider 等(2010)提出的部分意识假说(partial awareness hypothesis, PAH)，该假说认为个体对客体对象的意识加工可以被细分为对客体不同属性维度(如物理能量、视觉特征、客体名称、客体语义等)的彼此独立的一系列“全或无”意识加工。在某个特定时刻，有些维度的表征经过“全或无”机制达到意识状态，另一些维度的表征则未达到意识状态，而个体对整个客体的意识就等于多个基于“全或无”机制的意识状态的叠加，因此能够形成介于整体无意识和整体完全意识之间的某个中间意识状态。

近年来，多种实验范式均证实了不同属性间独立的意识加工，从而为 PAH 提供了支持。例如，Elliott 等(2016)利用 AB 范式，发现与只需要报告目标刺激的一种属性信息相比，被试在需要同时报告有色字母刺激的颜色和字母身份的任务中表现更差。特别是，当被试无法报告字母身份时，却能对其颜色进行正确报告，说明个体对目标颜色和身份的意识加工彼此独立。利用连续闪光抑制范式(continuous flash suppression)的研究也发现，被试在目标刺激的定位和分类任务中表现不一致，

反映出位置和类别意识加工的分离与差异(Kobylka et al., 2017)。而最近的一项研究(Kim & Chong, 2021)将 PAH 中垂直 (例如从低级的物理属性到高级的语义加工)的维度分解扩展到了单一特征平行水平(例如不同空间频率水平)的维度分解, 发现意识表征的分解和独立加工不但有纵向的等级(hierarchical)结构机制, 也有横向的平行(parallel)结构机制。具体来讲, Kim 和 Chong (2021)采用重复刺激的时间叠加范式, 发现随着刺激间隔时长增加, 相对于低空间频率刺激(低频率光栅、整体 Navon 字母朝向、景象的粗略分类), 被试对高空间频率刺激(高频率光栅、局部 Navon 字母朝向、景象的细致分类)的意识加工水平衰退得更快; 并且在特定时间间隔条件下, 会出现被试对低空间频率刺激有意识, 而对高空间频率刺激无意识的分离现象。总体来说, 升级后的“全或无”加工模式通过借助意识内容的垂直和(或)平行分解, 可以解释许多实验中发现的意识加工的层级表现。

2.4 “全或无”与“渐变”模式的整合

此外, 近期有研究者(Jimenez et al., 2021; Thiruvasagam & Srinivasan, 2021; Windey & Cleeremans, 2015)将“全或无”加工模式和“渐变”加工模式加以整合, 提出意识的加工水平假说(level of processing hypothesis, LoP)。该假说认为刺激的属性特征或任务要求决定了意识加工采用何种模式。具体而言, 对颜色、形状等低水平物理属性的意识加工遵循“渐变”模式, 而对单词、数字和类别等包含语义或概念信息的高水平特征的加工则遵循“全或无”模式。与 PAH 不同, LoP 认为意识表征是不可分割的。

LoP 对不同的属性特征赋予了不同的意识加工模式, 这一主张与不同特征的认知加工水平相匹配: 一方面, 物理属性的差异与变化往往是渐变的、可量化的——如颜色随光的波长发生连续、线性的变化, 并且对色块中任一点的颜色识别即可推广为对整体色块的识别, 因此相应的低水平意识加工也遵循连续的“渐变”模式; 另一方面, 与概念和语义相关的属性特征, 其彼此间的差异往往是质性上的——可类比于不同标签的切换, 例如对单词“BIG”进行意识加工时, 对中间字母“I”的加工偏差会导致截然不同的结果, 将其加工为“A”则产生“BAG (包)”, 加工为“E”则产生“BEG (乞求)”, 并且对单个字母的识别也不能决定对整个单词的识别, 因此相应的高水平意识加工遵循二分的“全或无”模式。

LoP 也在多项研究中得到了证实: 例如, 将视觉掩蔽范式与 PAS 相结合, 研究者们(Jimenez et al., 2021; Windey et al., 2013)发现, 在分辨低水平特征(如刺激颜色)的任务中, 被试选择 PAS 中间评分的比例更高, PAS 评分与客观反应正确率的关系更趋线性; 而在高水平任务, 如数字大小(Windey et al., 2013)、图像类别(Jimenez et al., 2021)的分辨中, 被试选择 PAS 中间评分的比例更低, 并且 PAS 评分与客观反应正确率的关系更趋向非线性与二分性。此外, 有研究者(Thiruvasagam & Srinivasan, 2021)通过比较不同任务下心理物理曲线的斜率和阈值, 也发现意识水平的变化在低水平任务(整体字母分辨任务)中更具层级性。

3　意识表征内容的丰富性问题

意识不但有加工质量的层级性问题, 还有加工范围的丰富性问题(Fu et al., 2021; Howe & Lee, 2021; Xu et al., 2020)——当一幅图像在我们面前快速呈现时, 我们会感到自己看见了整幅图, 并对整幅图里的内容或多或少形成了一定的视觉意识; 但这时若有人询问我们图里到底都有哪些具体内容, 我们却可能说不上来, 或只能对部分内容进行模糊描述。在这种情况下, “看见了整幅图”的意识体验是否可信? 这种意识体验到底是基于真实认知加工的外在表现, 还是一种虚假的幻觉?

对于这一问题, 学界内主要存在两种声音: 一方观点(Block, 2011; Howe & Lee, 2021)认为, “看见了整幅图”的感觉是真实可信的, 在该情况下我们确实对整幅图的内容进行了加工, 并形成了相应的意识表征, 但这些只经过初步加工的表征很快就消失了, 只有其中一部分表征得到了认知取用的进一步加工, 比如在工作记忆中得到保留并被语言皮层处理, 从而能够被我们报告出来。另一方观点(Cohen et al., 2016; Dehaene et al., 2006; Gibbs et al., 2016)则认为, “看见了整幅图”的感觉只是一种幻觉, 我们实际上只对一小部分可报告的内容形成了意识表征。简言之, 前者认为意识表征内容是丰富的, 意识加工的范围宽广, 超过工作记忆等认知取用的能力(即意识表征内容的“丰富观”); 而后者则认为意识表征内容是贫乏的, 认知取用加工是意识表征形成的必要条件,

因此意识的加工范围和表征内容也受到该能力的限制(即意识表征内容的“贫乏观”)。过往研究为两种观点都提供了丰富的支持证据。

3.1 意识表征内容的“丰富观”

意识表征内容的“丰富观”起源于 Block (2011)对 Sperling (1960)图像记忆(iconic memory)实验的解读。该实验中，研究者向被试同时呈现 3 行 12 个字母，并要求被试对短暂呈现(50 ms)的字母进行报告，结果发现被试虽然声称看见了所有字母，却仅能准确报告其中的 3 或 4 个。但对实验程序进行略微调整，即在字母呈现结束后采用不同音高的声音提示被试需要对哪一行字母进行报告时，却发现被试能准确报告经过提示的每一行字母中的 3 或 4 个。Block 认为该现象产生的原因在于：在短暂的呈现时间内，被试虽然能广泛地对呈现的字母进行意识加工，形成远远超过工作记忆容量的意识表征，并产生“看见了所有字母”的意识体验，但只有成功在工作记忆中得到储存的意识表征才能受到语言等高级皮层的进一步加工而被准确报告出来，这导致了提示与无提示条件间的差异。而根据 RPT 理论(Lamme, 2010)，意识在不依赖于注意的局部信息循环中即可形成，因此意识加工的范围很广，能形成大量的意识表征，但由于其中大部分表征无法通过注意选择到达额—顶叶及语言中枢，故而“丰富”的意识表征仅能被有限地取用。

近期研究为表征“丰富观”以及 Block (2011)所提出的“溢出” (overflow)主张(即意识表征超出认知取用的能力)提供了实证支持。研究者们相继发现意识表征对记忆、注意、主观报告等认知取用能力都存在“溢出”现象(见综述，Fu et al., 2021)。例如 Sligte 等(2008)通过将 Sperling (1960)的图像记忆范式与变化觉察(change detection)范式相结合，向被试呈现多个位于记忆帧中的不同朝向的矩形刺激，经过一段空屏期后再出现测试帧，并要求被试判断提示(cue)所指向的测试帧中的矩形是否发生朝向变化。结果发现，当提示在空屏期内某个时间点呈现时——此时测量介于图像记忆和工作记忆之间的 “脆弱视觉短时记忆” (fragile-visual short term memory)，被试的反应表现明显优于提示紧随测试帧出现，即测量工作记忆时的情况，两条件的差异反映出意识表征加工可突破工作记忆的容量限制。也有研究(Bronfman et al., 2014)将图像记忆范式与颜色分辨任务相结合，即通过向被试呈现有色字母并对需要报告字母所在行加以提示，发现被试不仅能正确报告提示行字母的颜色，并且能在任务表现不受损的情况下对非提示行字母的颜色多样性(color diversity)进行准确评估。这两项研究表明意识表征的加工能够超出工作记忆和中心注意的局限，即存在“意识表征对工作记忆和中心注意的溢出” (Consciousness overflows working memory and focused attention)。而其他研究者(Agarwal et al., 2020; Matthews et al., 2018)通过采用分散注意任务(divided attention task)，也发现被试对注意中心的核心客体和注意边缘的非核心客体都能形成意识表征，进一步证实了意识表征的加工能够超出中心注意。此外，有研究者(Chen & Wyble, 2015)通过在目标字母位置报告任务中加入偶尔出现的字母身份报告任务，发现被试无法正确报告字母的身份属性，尽管对身份属性的加工是完成字母位置报告任务的必要条件，即出现了“意识表征对可报告性的溢出” (Consciousness overflows reportability)。而后续采用类似范式的研究也进一步发现，被试对单词或方块的填充颜色(Chen et al., 2018)、同时或序列呈现的面孔或单词中所表达的情绪(Xu et al., 2020)，以及声音位置和音调数量(Howe & Lee, 2021)等理论上获得完全意识加工的属性均存在属性遗忘(attribute amnesia)现象，进一步证实了意识表征加工对工作记忆或主观报告能力的“溢出”。以上研究均通过“溢出”现象，支持意识表征内容具有“丰富性”属性。

3.2 意识表征内容的“贫乏观”

意识表征内容的“贫乏观”则认为：意识表征的形成需要以信息受到认知取用加工而能被主观报告为必要条件，因此个体只能形成有限的意识表征(Cohen et al., 2016; Dehaene et al., 2006; Gibbs et al., 2016)。支持这一观点的研究者(Dehaene et al., 2006)认为，当无法对其所见内容进行报告时，个体对“看见了整幅图”或“看见了所有刺激客体”的感觉是与“冰箱灯幻觉” (refrigerator-light illusion)相类似的虚假体验。后者指由于打开冰箱门时灯就会亮而导致的“即使在关着门时，冰箱灯也常亮”的幻觉。

“贫乏观”的支持者们指出，Sperling (1960)等研究中所发现的实验现象能够在不诉诸表征“溢

出”认知取用的条件下得到合理解释。如有研究者(Cohen & Dennett, 2011; Kouider et al., 2010)认为, 在 Sperling 的实验中, 提示能使被试正确报告出其在无提示条件下无法报告的字母, 是因为无提示条件下多数字母没有得到认知取用的加工, 而只是被暂存在无意识当中, 而提示的加入使得无意识中的一些字母得到了注意、语言等高级认知皮层的加工, 因此形成了对提示字母的意识表征。类似, Sligte 等(2008)发现的超出工作记忆容量的“脆弱视觉短时记忆”现象同样可以诉诸无意识加工来进行解释。此外, 分散注意任务中的实验现象对“丰富观”的支持力也遭到了质疑：被试能够对注意边缘的客体形成意识表征, 并不能表明意识表征对注意的“溢出”——该现象也可能是由于中心客体加工的难度不足、中心加工只需要较少的注意资源等原因造成的。例如, 有研究发现, 当核心任务的加工对注意的要求提升时, 被试就不再能对其他外周客体产生意识(Mack & Clarke, 2012)。

另一方面, 其他实证研究也对表征“丰富观”提出了质疑。例如有关变化视盲(change blindness) (Gibbs et al., 2016)和非注意视盲 (inattentional blindness) (Ward & Scholl, 2015)的研究都揭示出, 个体可能无法对呈现在视域内的显著刺激形成意识表征, 从而反映出意识加工范围的局限性。此外, de Gardelle 等(2009)在 Sperling 范式基础上, 对原范式中的字母刺激进行变更, 使每一行的字母组合成完整英文单词, 但同时偶尔向被试呈现无真实含义的假单词。其结果发现, 即使呈现的是假单词, 被试也会不自觉地对假词中的部分字母进行“替换”, 并仍报告看见了真单词。这一发现表明, 被试可能并没有真正对字母刺激形成清晰的意识, 而个体的意识体验也可能不是对外界的真实反映, 所谓 “看见了整幅图/所有刺激客体”的意识体验只不过是一种基于预期和先前经验的后期建构(Kouider et al., 2010)。

4　层级性和丰富性问题对意识形成机制的贡献

4.1　两问题与认知取用加工的关联

层级性问题考察了意识加工的质量和所形成表征的稳定清晰程度, 而丰富性问题考察了意识加工的范围和表征的丰富复杂程度, 二者从不同角度折射出意识加工及表征形成的机制, 反映出主观意识体验在不同实验范式中所呈现的特征。而两个问题中不同观点的争论, 都可以追溯到对主观意识体验和认知取用的关系问题上——即主观意识体验的形成是否必须依赖于认知取用加工, 或者说认知取用加工的机制是否是意识形成的唯一机制, 而这一问题也被认为是意识形成机制的核心问题(Fazekas & Overgaard, 2018)。

针对这一核心问题, 一种观点认为认知取用加工是意识形成的唯一机制(Naccache, 2018)。这种观点在意识加工层级性问题上就反映为对“全或无”加工模式的主张, 即只有得到认知取用加工才能形成完全的意识表征, 否则就不形成意识(如 Baars, 1988; Dehaene et al., 2006, 2017); 在丰富性问题上, 则认为意识表征的形成要以认知取用加工为前提, 因而受到认知能力的限制, 只能形成贫乏而有限的意识表征(如 Cohen et al., 2016; Ward et al., 2016)。

另一种观点则认为主观体验的形成不依赖于认知取用, 意识的形成机制独立于认知取用的加工机制。这一观点在层级性问题中反映为对“渐变”模式的支持, 即局部区域内的加工就足以产生意识, 而所涉区域增加以及高级皮层的加入会使意识的质量逐渐提升(如 Lamme, 2006; Zeki, 2003); 而在丰富性问题上, 该观点则主张意识加工范围广泛并能形成丰富的意识表征, 不受认知取用能力的限制(如 Block, 2011; Bronfman et al., 2014; Howe & Lee, 2021)。

4.2　两问题与意识神经机制的关联

意识的层级性和丰富性两个热点问题也与意识的神经机制存在密切关联(如 Eiserbeck et al., 2021; Filimonov et al., 2022; Mashour et al., 2020)：一方面, 这两个问题的实证研究涉及到对相应问题的神经机制的考察; 另一方面, 对意识神经机制的探明也有助于厘清两问题中的观点争论。因此下面将对相应问题中不同观点对神经机制的主张和解释, 以及借助脑成像和脑电技术所发现的意识的神经关联物(neural correlates of consciousness, NCCs)加以介绍。

GNWT 强调信息通过 GNW 神经元的“点燃”活动, 实现向多个脑区广播的意识形成机制, 并发现“点燃”和“广播”活动与锥体神经元产生的 gamma 振荡高度相关(Mashour et al., 2020), 故认

为锥体神经元高密度聚集的前额叶皮层(prefrontal cortex, PFC)在意识的形成, 尤其是在信息的全局广播方面扮演重要角色。在脑电成分方面, "全或无"加工模式和表征内容"贫乏观"由于主张意识的形成以信息受到注意等高级认知皮层的取用为必要条件, 因此主要聚焦于具有较晚时间窗(在刺激呈现后 300 ms 左右达到峰值)并起源于额顶叶皮层的 P3 成分, 该成分也被称为 P300 或晚期正成分(late positivity, LP)。"全或无"加工模式和表征内容"贫乏观"对 PFC 和 P3 成分的强调, 得到了一些相关研究的支持。例如, 在清醒恒河猴细胞电记录(van Vugt et al., 2018)和功能性核磁共振成像(Dehaene & Changeux, 2011)的研究中均发现 PFC 等皮层的神经活动参与了意识加工。脑电研究也证实了 P3 成分与意识形成的关联, 如在双任务水平实验中发现 P3 波幅与意识评分水平和客观反应正确率都存在显著相关(Jimenez et al., 2018); 而采用变化视盲范式的研究也发现 P3 成分能够反映意识的加工与形成(Scrivener et al., 2019)。

然而, PFC 和 P3 与意识形成的关联也受到了来自各方面的质疑(Förster et al., 2020)。首先, 对于意识产生的脑区, 信息整合理论(Integrated Information Theory, IIT)持不同的观点。IIT 理论(Tononi et al., 2016)认为, 意识是具有特定组织形式的物质系统的内在属性——具备不可还原的内在因果力(影响自身或他者的能力)的系统才有意识; 因此, 意识不局限于生命体, 任何具有特定组织形式和内在属性的物质系统都能够产生意识。对于人脑这个特定的生命体系, 意识与脑整合信息的方式和能力有关, 因此相比于 PFC, 大脑后端皮层区域(包括顶叶、颞叶和枕叶)的活动可能与形成特定意识内容之间的关联性更强(Boly et al., 2017; Koch et al., 2016; Tononi et al., 2016), 其原因在于这些区域拥有的神经解剖学特性更适合产生高水平的整合信息。有研究者也采用颅内电刺激(intracranial electrical stimulation)技术, 发现前额叶并没有普遍参与意识形成(Raccah et al., 2021)。此外, P3 成分也被质疑为是对知觉后加工而非对意识形成的反映。例如, 在上文层级性部分 2.1 论述的 Koivisto 等(2016)和 Cohen 等(2020)的研究都发现 P3 成分依赖于实验中被试的主观报告, 表明 P3 反映的可能是有关主观报告的知觉后加工。采用非注意视盲(Pitts et al., 2014)和无注意失聪(inattentional deafness; Schlossmacher et.al., 2021)等范式的研究则发现, 任务无关刺激无论是否被意识到, 都不会引起显著的 P3 波幅变化, 表明 P3 反映的可能是有关任务相关性的知觉后加工。总之, 以上研究均挑战了 P3 与意识形成的关联性。

另一方面, 支持"渐变"加工模式的理论认为仅凭局部区域内的信息流通就可以形成意识, 因此将 NCCs 定位于早期感知觉皮层, 例如将视觉意识形成脑区定位于 V5 区等枕叶皮层(Lamme, 2010; Zeki, 2003)。对于意识相关的脑电成分, "渐变"模式和表征内容"丰富观"的支持者们也相应地关注具有较早时间窗的 N2 成分, 在视觉意识研究中则尤其关注起源于枕颞叶皮层的视觉意识负成分(visual awareness negativity, VAN)。VAN 与意识形成加工的关联在多项实证研究中也得到了证实: 例如, 在将 AB 范式与 PAS 评估相结合的实验中发现, 被试在 N2 时间窗内的脑电平均波幅都随 PAS 评分的增加呈阶梯状向负方向偏移(Eiserbeck et al., 2021)。而在采用高低两种任务水平与 PAS 评估相结合的实验中也发现, 在低水平任务(Jimenez et al., 2018, 2021)或高低两水平任务(Derda et al., 2019)中, 被试的 VAN 波幅都受到意识水平的有效调控, 并呈现出与 PAS 评分相关的显著负向偏移。此外, 有研究者(Dembski et al., 2021; Filimonov et al., 2022)通过对视、听和体感等知觉意识的研究进行综合回顾, 发现 N2 时间窗内存在与特定知觉模态(modality)相对应的、源于不同知觉加工脑区的早期负波成分, 表明针对不同知觉模态的意识加工均可能存在知觉意识负波(perceptual awareness negativity, PAN)。而在对 VAN 的溯源中, 研究者们通过使用脑磁图(Liu et al., 2012)将 VAN 定位到枕颞叶视觉皮层。

但 VAN 或 PAN 与知觉意识的关联也受到了一定质疑, 例如, 有研究在被试对刺激产生视觉意识的情况下, 未能检测到显著的 VAN 波幅变化, 进而认为 VAN 所反映的可能只是意识形成前的加工过程(Salti et al., 2012), 或者 VAN 并非意识形成的必要条件(Koivisto et al., 2009)。另外, 也有研究者(Bola et al., 2021)认为, VAN 或 PAN 所反映的只是某种特定的注意加工, 而并非意识的形成。

5 总结、讨论与展望

综上所述, 近年来对意识加工模式的层级性

和表征内容的丰富性两个热点问题的研究已取得了诸多进展。层级性和丰富性分别从加工质量和加工范围两个角度对意识体验加以探索。针对意识加工模式究竟是遵循“全或无”还是“渐变”机制，目前尚无定论，但最新研究为我们认识该问题提供了两个新的维度：一是将意识表征进行平行或垂直维度的分解(如 Kim & Chong, 2021; Kouider et al., 2010)，二是将意识加工的层级性问题放到刺激属性或任务要求的背景中加以考虑(如 Jimenez et al., 2021; Thiruvasagam & Srinivasan, 2021)。针对意识表征内容的丰富性问题，一方面，近期研究通过众多发生在注意、记忆、可报告性等认知加工水平的“溢出”现象，为意识表征内容的“丰富性”提供支持(如 Fu et al., 2021; Howe & Lee, 2021; Xu et al., 2020)；但另一方面，也存在大量实验事实支持意识表征可能是“贫乏的”，所谓“丰富性”只不过是一种基于预期和先前经验的后期建构(如 Cohen et al., 2016; Gibbs et al., 2016)。更为重要的是，意识加工模式的层级性和表征内容的丰富性这两个问题之间存在内在关联，两者都可以追溯到对意识的形成是否必须依赖认知取用加工的争论上(Fazekas & Overgaard, 2018; Fu et al., 2021; Naccache, 2018)。此外，近年来取得重要进展的意识神经关联物研究(Eiserbeck et al., 2021; Filimonov et al., 2022; Mashour et al., 2020)，一方面直接为意识层级性和丰富性的认知神经机制提供了实验证据，另一方面也有助于厘清对层级性和丰富性加以解释的不同观点之间的争论，并对探索这两个问题与意识形成机制这一基本科学问题做出贡献。

然而，当前关于意识层级性和丰富性问题的研究仍然存在进一步发展的空间，未来相关研究可在若干可能研究切入点和理论解释方向上进行更深入的探索，包括：

第一，结合精细化实验操纵，更深入地探索层级性和丰富性表现的影响因素及其作用机制。随着相关研究的不断深入，越来越多的因素被发现会对意识加工质量的层级性和意识表征内容的丰富性表现产生影响。在层级性问题上，客体的不同属性(Kouider et al., 2010)、属性的不同维度(Kim & Chong, 2021)，以及任务要求的加工水平(Jimenez et al., 2021; Windey & Cleeremans, 2015)等都会影响意识加工的质量、意识表征的稳定清晰程度。而在丰富性问题上，如分散注意任务中核心任务的加工难度及其所需注意资源的大小，均决定了对注意边缘客体的加工能否实现(Agarwal et al., 2020; Mack & Clarke, 2012; Matthews et al., 2018)。这些因素对主观意识体验的影响机制，还需要更细致的探索。

第二，采用“意识分离”范式与认知神经科学技术的结合，解决层级性和丰富性相关神经机制的争论。尽管研究者们已经通过脑成像、脑电与行为实验相结合的方式，将层级性和丰富性问题相关的 NCCs 定位于早期感知觉皮层(Lamme, 2010)和(或)额顶叶皮层(Mashour et al., 2020)，将相关脑电成分锁定为 VAN/N2 (Eiserbeck et al., 2021)和(或)P3 (Scrivener et al., 2019)，但双方观点的对立亟待进一步的关键性证据来加以解决。而为了排除前意识的注意加工，以及报告、反应等认知后加工的混淆，未来研究需要进行实验范式的改进，以实现将意识加工的神经对应物与其他认知加工的神经对应物相区分。例如，Cohen 等(2020)采用视觉掩蔽范式与无报告范式结合的脑电记录实验，分离出主观报告加工所对应的脑电成分。

第三，通过实验范式和测量方法的创新，对层级性和丰富性现象在知觉意识中的所涉范围进行拓展。目前有关层级性和丰富性的研究大多基于视觉意识的实验发现，这可能是由于视觉实验的操纵较为成熟、测量更易进行。但层级性和丰富性的现象在其他知觉意识中是否也存在，以及该现象在不同的知觉意识中的表现形式是否有所差异，需要未来研究在视觉实验范式和 PAS 等测量方法的基础上进行改进。例如，有研究者(Schlossmacher et.al., 2021)采用无注意失聪范式与事件相关电位(ERP)技术的结合，对听觉通道中意识相关脑电成分进行了考察。通过考察不同感觉通道中，意识层级性和丰富性现象的规律，有助于比较视觉意识与听觉等其他知觉意识的异同，从而推进通道普遍性和通道特异性意识加工机制的研究。

第四，在深化与完善当前的理论框架之外，未来研究也可以积极探索新的理论假说，为意识的层级性和丰富性以及两问题中对立的观点与实验现象提供统合的解释。意识的层级性和丰富性问题是对主观意识体验在不同实验范式中所呈现

特征的反映，并且都聚焦于意识和认知取用的关系问题，二者存在密切联系。但目前的理论解释无法为层级性和丰富性提供一个统一的解释框架，并且都难以对不同的情境中意识层级性和丰富性为何出现众多差异性实验结果做出完整和全面的解释。而未来一个可能的发展思路就是将多个认知模块和多种加工机制引入意识形成机制的理论中，通过不同模块和机制间的交互作用，来为意识的层级性和丰富性以及其中的对立观点和实验现象提供统一的解释框架。

一方面，Graziano (2022)在近期新提出的意识形成的双神经网络理论，可能为意识的层级性和丰富性提供一个统合的解释框架。该理论主张意识和认知信息分别由两个独立的神经网络进行加工，两个网络间存在双向交互作用：主观意识体验的形成依赖于意识的心灵理论网络(theory-of-mind network)对认知网络加工信息的再建构，而生成的主观意识体验又会反过来影响认知网络中信息的加工。由于这种交互过程并不是两个网络间信息的精确复制，而是存在一定的偏差，因此我们的意识体验并不总能如实反映刺激的认知信息，这就导致了错觉、视盲等现象的产生。而本文所关注的层级性和丰富性也可能是在不同实验范式中，意识网络对认知网络加工的信息从不同角度加以建构的产物。

另一方面，高阶记忆理论(HOMT, Lau et al., 2022)将基于关系编码的心理感受空间(mental quality space)、基于内隐记忆的自我监控(self-monitoring)，以及基于外显记忆的记忆重放(memory replay)三个元素有机结合，可能为层级性和丰富性问题在不同情景中的复杂性表现提供兼容统合的解释。根据 HOMT 的理论框架，我们推测在意识层级性问题中，意识加工模式的不同层级水平可能一方面源于自我监控对知觉信息加工质量的量化评估，另一方面源于心理感受空间的编码特征(Morton & Preston, 2021)；而部分研究所发现的高加工水平下意识加工的“全或无”二分性(Windey & Cleeremans, 2015)则可能源于当外显记忆积极参与意识表征时，记忆回放(Dasgupta et al., 2018)以一种符号化(symbolic)和分类化(categorical)的方式(Wittkuhn et al., 2021)与心理感受空间相结合。此外，基于对 HOMT 的分析，我们认为，在意识丰富性问题中，意识体验的“丰富观”和“贫乏观”都在一定条件下具有合理性，二者可能是对基于心理感受空间和(内隐及外显)记忆的意识形成机制的不同体现。一方面，“丰富的”意识主观体验可能有三个来源：心理感受空间内的关系编码使得单一刺激的加工同时会引发空间的整体激活；自我监控在心理感受空间内操作的内隐性和程序化导致了丰富感受对语言报告能力的“溢出”；多个信息渠道的输入与信息整合，以及多个认知加工过程的操作与交互作用，也对意识“丰富性”体验有贡献。另一方面，“贫乏观”则刻画了当外显记忆参与意识加工时，它所引入的复杂分类、图示、情绪等信息渠道造成被试对意识表征的后期建构(Kouider et al., 2010)。双神经网络理论(Graziano, 2022)和 HOMT (Lau et al., 2022)目前都主要局限于理论构想，二者能否为意识的层级性和丰富性提供更为全面、准确的解释，尚待进一步实证检验。但新的意识形成机制理论对意识的层级性和丰富性问题的适用性可能是一个值得未来研究持续关注的方向。

参考文献

Agarwal, A., Patel, A., Singh, T., Tiwari, T., & Lata Singh, A. (2020). Exploring relationship between attention and consciousness using dual-task paradigm. *Neuropsychological Trends, 27*, 47−63. https://doi.org/10.7358/neur-2020-027-agar

Baars, B. J. (1988). *A cognitive theory of consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.

Block, N. (2011). Perceptual consciousness overflows cognitive access. *Trends in Cognitive Sciences, 15*(12), 567−575. https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.11.001

Bola, M., Paź, M., Doradzińska, Ł., & Nowicka, A. (2021). The self-face captures attention without consciousness: Evidence from the N2pc ERP component analysis. *Psychophysiology, 58*(4), Article e13759. https://doi.org/10.1111/psyp.13759

Boly, M., Massimini, M., Tsuchiya, N., Postle, B. R., Koch, C., & Tononi, G. (2017). Are the neural correlates of consciousness in the front or in the back of the cerebral cortex? Clinical and neuroimaging evidence. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience, 37*(40), 9603−9613. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3218-16.2017

Bronfman, Z. Z., Brezis, N., Jacobson, H., & Usher, M. (2014). We see more than we can report: “Cost free” color phenomenality outside focal attention. *Psychological Science, 25*(7), 1394−1403. https://doi.org/10.1177/0956797614532656

Cheesman, J., & Merikle, P. M. (1984). Priming with and without awareness. *Perception & psychophysics, 36*(4), 387−395. https://doi.org/10.3758/bf03202793

Cheesman, J., & Merikle, P. M. (1986). Distinguishing conscious from unconscious perceptual processes. *Canadian journal of psychology/Revue canadienne de psychologie, 40*(4), 343−367. https://doi.org/10.1037/h0080103

Chen, H., Carlson, R. A., & Wyble, B. (2018). Is source information automatically available in working memory? *Psychological Science*, *29*(4), 645−655. https://doi.org/10.1177/0956797617742158

Chen, H., & Wyble, B. (2015). Amnesia for object attributes: Failure to report attended information that had just reached conscious awareness. *Psychological Science, 26*(2), 203−210. https://doi.org/10.1177/0956797614560648

Cohen, M. A., & Dennett, D. C. (2011). Consciousness cannot be separated from function. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(8), 358−364. https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.06.008

Cohen, M. A., Dennett, D. C., & Kanwisher, N. (2016). What is the bandwidth of perceptual experience? *Trends in Cognitive Sciences*, *20*(5), 324−335. https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.03.006

Cohen, M. A., Ortego, K., Kyroudis, A., & Pitts, M. (2020). Distinguishing the neural correlates of perceptual awareness and postperceptual processing. *The Journal of Neuroscience*, *40*(25), 4925−4935. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0120-20.2020

Dasgupta, S., Sheehan, T. C., Stevens, C. F., & Navlakha, S. (2018). A neural data structure for novelty detection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *115*(51), 13093−13098. https://doi.org/10.1073/pnas.1814448115

de Gardelle, V., Sackur, J., & Kouider, S. (2009). Perceptual illusions in brief visual presentations. *Consciousness and Cognition*, *18*(3), 569−577. https://doi.org/10.1016/j.concog.2009.03.002

Dehaene, S., & Changeux, J.-P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, *70*(2), 200−227. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.03.018

Dehaene, S., Changeux, J.-P., Naccache, L., Sackur, J., & Sergent, C. (2006). Conscious, preconscious, and subliminal processing: A testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences*, *10*(5), 204−211. https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.03.007

Dehaene, S., Kerszberg, M., & Changeux, J. P. (1998). A neuronal model of a global workspace in effortful cognitive tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 95*(24), 14529–14534. https://doi.org/10.1073/pnas.95.24.14529

Dehaene, S., Lau, H., & Kouider, S. (2017). What is consciousness, and could machines have it? *Science, 358*(6362), 486−492. https://doi.org/10.1126/science.aan8871

Del Pin, S., Skóra, Z, Sandberg, K, Overgaard, M., Wierzchoń, M. (2020). Comparing theories of consciousness: object position, not probe modality, reliably influences experience and accuracy in object recognition tasks. *Consciousness and Cognition*, 84, Article 102990. https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102990

Dembski, C., Koch, C., & Pitts, M. (2021). Perceptual awareness negativity: A physiological correlate of sensory consciousness. *Trends in Cognitive Sciences, 25*(8), 660−670. https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.05.009

Derda, M., Koculak, M., Windey, B., Gociewicz, K., Wierzchoń, M., Cleeremans, A., & Binder, M. (2019). The role of levels of processing in disentangling the ERP signatures of conscious visual processing. *Consciousness and Cognition*, *73*, Article 102767. https://doi.org/10.1016/j.concog.2019.102767

Drissi-Daoudi, L., Doerig, A., & Herzog, M. H. (2019). Feature integration within discrete time windows. *Nature communications, 10*(1), Article 4901. https://doi.org/10.1038/s41467-019-12919-7

Eiserbeck, A., Enge, A., Rabovsky, M., & Rahman, R. A. (2021). Electrophysiological chronometry of graded consciousness during the attentional blink. *Cerebral Cortex, 32*(6), 1244−1259. https://doi.org/10.1093/cercor/bhab289

Elliott, J. C., Baird, B., & Giesbrecht, B. (2016). Consciousness isn't all-or-none: Evidence for partial awareness during the attentional blink. *Consciousness and Cognition*, *40*, 79−85. https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.12.003

Fazekas, P., & Overgaard, M. (2018). Perceptual consciousness and cognitive access: An introduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *373*(1755), Article 20170340. https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0340

Filimonov, D., Railo, H., Revonsuo, A., & Koivisto, M. (2022). Modality-specific and modality-general electrophysiological correlates of visual and auditory awareness: Evidence from a bimodal ERP experiment. *Neuropsychologia*, *166*, Article 108154. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2022.108154

Förster, J., Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2020). ERP and MEG correlates of visual consciousness: The second decade. *Consciousness and Cognition, 80*, Article 102917. https://doi.org/10.1016/j.concog.2020.102917

Fu, Y., Yan, W., Shen, M., & Chen, H. (2021). Does consciousness overflow cognitive access? Novel insights from the new phenomenon of attribute amnesia. *Science China Life Sciences*, *64*(6), 847−860. https://doi.org/10.1007/s11427-020-1831-8

Gelbard-Sagiv, H., Mudrik, L., Hill, M. R., Koch, C., & Fried, I. (2018). Human single neuron activity precedes emergence of conscious perception. *Nature communications, 9*(1), Article 2057. https://doi.org/10.1038/s41467-018-03749-0

Gibbs, R., Davies, G., & Chou, S. (2016). A systematic review on factors affecting the likelihood of change blindness. *Crime Psychology Review*, *2*(1), 1−21. https://doi.org/10.1080/23744006.2016.1228799

Graziano, M. S. A. (2022). Conscious intention: New data on where and how in the brain. *Current Biology*, *32*(9), R414−R416. https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.03.069

Howe, P. D. L., & Lee, S. B. W. (2021). Attribute amnesia in the auditory domain. *Perception*, *50*(7), 664−671. https://doi.org/10.1177/03010066211022175

Jimenez, M., Grassini, S., Montoro, P. R., Luna, D., & Koivisto, M. (2018). Neural correlates of visual awareness at stimulus low vs. high-levels of processing. *Neuropsychologia*, *121*, 144−152. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.11.001

Jimenez, M., Poch, C., Villalba-García, C., Sabater, L., Hinojosa, J. A., Montoro, P. R., & Koivisto, M. (2021). The level of processing modulates visual awareness: Evidence from behavioral and electrophysiological measures. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *33*(7), 1295−1310. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01712

Kim, C., & Chong, S. C. (2021). Partial awareness can be induced by independent cognitive access to different spatial frequencies. *Cognition*, *212*, Article 104692. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104692

Kim, J. (2011). *Philosophy of mind.* Boulder, CO*:* Westview Press.

Kobylka, F., Persike, M., & Meinhardt, G. (2017). Object localization does not imply awareness of object category at the break of continuous flash suppression. *Frontiers in Human Neuroscience, 11,* Article 312. https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00312

Koch, C. (2018). What is consciousness? *Scientific American*, *318*(6), 60−64. https://doi.org/10.1038/scientificamerican0618-60

Koch, C., Massimini, M., Boly, M., & Tononi, G. (2016). Neural correlates of consciousness: Progress and problems. *Nature Reviews Neuroscience*, *17*(5), 307−321. https://doi.org/10.1038/nrn.2016.22

Koivisto, M., Kainulainen, P., & Revonsuo, A. (2009). The relationship between awareness and attention: Evidence from ERP responses. *Neuropsychologia, 47*(13), 2891−2899. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.06.016

Koivisto, M., Salminen-Vaparanta, N., Grassini, S., & Revonsuo, A. (2016). Subjective visual awareness emerges prior to P3. *European Journal of Neuroscience*, *43*(12), 1601−1611. https://doi.org/10.1111/ejn.13264

Kouider, S., de Gardelle, V., Sackur, J., & Dupoux, E. (2010). How rich is consciousness? The partial awareness hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(7), 301−307. https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.04.006

Lamme, V. A. F. (2006). Towards a true neural stance on consciousness. *Trends in Cognitive Sciences, 10*(11), 494−501. https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.09.001

Lamme, V. A. F. (2010). How neuroscience will change our view on consciousness. *Cognitive Neuroscience, 1*(3), 204−220. https://doi.org/10.1080/17588921003731586

Lau, H., Michel, M., LeDoux, J. E., & Fleming, S. M. (2022). The mnemonic basis of subjective experience. *Nature Reviews Psychology, 1*, 479−488. https://doi.org/10.1038/s44159-022-00068-6

Liang, Q. C., Gallagher, R. M., & Tsuchiya, N. (2022). How much can we differentiate at a brief glance: Revealing the truer limit in conscious contents through the massive report paradigm (MRP). *Royal Society open science, 9*(5), Article 210394. https://doi.org/10.1098/rsos.210394

Liu, Y., Paradis, A.-L., Yahia-Cherif, L., & Tallon-Baudry, C. (2012). Activity in the lateral occipital cortex between 200 and 300 ms distinguishes between physically identical seen and unseen stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience, 6*, Article 211. https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00211

Mack, A., & Clarke, J. (2012). Gist perception requires attention. *Visual Cognition, 20*(3), 300−327. https://doi.org/10.1080/13506285.2012.666578

Mashour, G. A., Roelfsema, P., Changeux, J.-P., & Dehaene, S. (2020). Conscious processing and the global neuronal workspace hypothesis. *Neuron*, *105*(5), 776−798. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.01.026

Matthews, J., Schröder, P., Kaunitz, L., van Boxtel, J., & Tsuchiya, N. (2018). Conscious access in the near absence of attention: critical extensions on the dual-task paradigm. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 373*(1755), Article 20170352. https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0352

Mazzi, C., Savazzi, S., & Silvanto, J. (2019). On the "blindness" of blindsight: What is the evidence for phenomenal awareness in the absence of primary visual cortex (V1)? *Neuropsychologia*, *128*, 103−108. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.10.029

Michel, M., & Doerig, A. (2021). A new empirical challenge for local theories of consciousness. *Mind & Language, 37*(5), 840−855. https://doi.org/10.1111/mila.12319

Morton, N. W., & Preston, A. R. (2021). Concept formation as a computational cognitive process. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *38*, 83−89. https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2020.12.005

Naccache, L. (2018). Why and how access consciousness can account for phenomenal consciousness. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *373*(1755), Article 20170357. https://doi.org/10.1098/rstb.2017.0357

Nagel, T. (1974). What is it like to be a bat? *Philosophical*

Review, 83, 435−456.

Pitts, M. A., Padwal, J., Fennelly, D., Martínez, A., & Hillyard, S. A. (2014). Gamma band activity and the P3 reflect post-perceptual processes, not visual awareness. *NeuroImage*, *101*, 337−350. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.07.024

Pretorius, H., Tredoux, C., & Malcolm-Smith, S. (2016). Subjective awareness scale length influences the prevalence, not the presence, of graded conscious states. *Consciousness and Cognition*, *45*, 47−59. https://doi.org/10.1016/j.concog.2016.08.007

Raccah, O., Block, N., & Fox, K. C. R. (2021). Does the prefrontal cortex play an essential role in consciousness? Insights from intracranial electrical stimulation of the human brain. *The Journal of Neuroscience*, *41*(10), 2076−2087. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1141-20.2020

Ramsøy, T. Z., & Overgaard, M. (2004). Introspection and subliminal perception. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, *3*(1), 1−23. https://doi.org/10.1023/B:PHEN.0000041900.30172.e8

Salti, M., Bar-Haim, Y., & Lamy, D. (2012). The P3 component of the ERP reflects conscious perception, not confidence. *Consciousness and Cognition*, *21*(2), 961−968. https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.01.012

Sanchez, G., Hartmann, T., Fuscà, M., Demarchi, G., & Weisz, N. (2020). Decoding across sensory modalities reveals common supramodal signatures of conscious perception. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *117*(13), 7437−7446. https://doi.org/10.1073/pnas.1912584117

Schlossmacher, I., Dellert, T., Bruchmann, M., & Straube, T. (2021). Dissociating neural correlates of consciousness and task relevance during auditory processing. *NeuroImage, 228*, Article 117712. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117712

Scrivener, C. L., Malik, A., Marsh, J., Lindner, M., & Roesch, E. B. (2019). An EEG study of detection without localisation in change blindness. *Experimental Brain Research, 237*, 2535−2547. https://doi.org/10.1007/s00221-019-05602-2

Sergent, C., & Dehaene, S. (2004). Is consciousness a gradual phenomenon? Evidence for an all-or-none bifurcation during the attentional blink. *Psychological Science*, *15*(11), 720−728. https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00748.x

Seth, A. K., & Bayne, T. (2022). Theories of consciousness. *Nature Reviews Neuroscience, 23*, 439−452. https://doi.org/10.1038/s41583-022-00587-4

Sligte, I. G., Scholte, H. S., & Lamme, V. A. F. (2008). Are there multiple visual short-term memory stores? *PLoS ONE*, *3*(2), Article e1699. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001699

Sperling, G. (1960). The information available in brief visual presentations. *Psychological Monographs: General and Applied, 74*(11), 1−29. https://doi.org/10.1037/h0093759

Stein, T., Kaiser, D., Fahrenfort, J. J., & van Gaal, S. (2021). The human visual system differentially represents subjectively and objectively invisible stimuli. *PLoS Biology, 19*(5), Article e3001241. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001241

Thiruvasagam, S., & Srinivasan, N. (2021). Gradedness of visual awareness depends on attentional scope: Global perception is more graded than local perception. *Consciousness and Cognition, 94*, Article 103174. https://doi.org/10.1016/j.concog.2021.103174

Tononi, G., Boly, M., Massimini, M., & Koch, C. (2016). Integrated information theory: from consciousness to its physical substrate. *Nature Reviews Neuroscience, 17*(7), 450−461. https://doi.org/10.1038/nrn.2016.44

van Gulick, R. (2022). Consciousness. In E. N. Zalta & U. Nodelman (Eds.), *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Winter 2022). Metaphysics Research Lab, Stanford University. https://plato.stanford.edu/archives/win2022/entries/consciousness/

van Vugt, B., Dagnino, B., Vartak, D., Safaai, H., Panzeri, S., Dehaene, S., & Roelfsema, P. R. (2018). The threshold for conscious report: Signal loss and response bias in visual and frontal cortex. *Science*, *360*(6388), 537−542. https://doi.org/10.1126/science.aar7186

Ward, E. J., & Scholl, B. J. (2015). Inattentional blindness reflects limitations on perception, not memory: Evidence from repeated failures of awareness. *Psychonomic Bulletin & Review, 22*, 722−727. https://doi.org/10.3758/s13423-014-0745-8

Ward, E. J., Bear, A., & Scholl, B. J. (2016). Can you perceive ensembles without perceiving individuals? The role of statistical perception in determining whether awareness overflows access. *Cognition*, *152*, 78−86. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.01.010

Windey, B., & Cleeremans, A. (2015). Consciousness as a graded and an all-or-none phenomenon: A conceptual analysis. *Consciousness and Cognition, 35*, 185−191. http://dx.doi.org/10.1016/j.concog.2015.03.002

Windey, B., Gevers, W., & Cleeremans, A. (2013). Subjective visibility depends on level of processing. *Cognition, 129*(2), 404−409. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2013.07.012

Wittkuhn, L., Chien, S., Hall-McMaster, S., & Schuck, N. W. (2021). Replay in minds and machines. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *129*, 367−388. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.08.002

Xu, M., Fu, Y., Yu, J., Zhu, P., Shen, M., & Chen, H. (2020). Source information is inherently linked to working memory representation for auditory but not for visual stimuli.

Cognition, *197*, Article 104160. https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.104160

Zeki, S. (2003). The disunity of consciousness. *Trends of Cognitive Science, 7*(5), 214−218. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00081-0

Zeki, S., & Ffytche, D. (1998). The Riddoch syndrome: Insights into the neurobiology of conscious vision. *Brain, 121*(1), 25−45. https://doi.org/10.1093/brain/121.1.25

The gradedness and richness of consciousness: Two pathways toward decoding consciousness

CAO Jinjing, QIU Shiming, DING Xianfeng, CHENG Xiaorong, FAN Zhao

(*Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior (CCNU), Ministry of Education; Key Laboratory of Human Development and Mental Health of Hubei Province; School of Psychology, Central China Normal University (CCNU), Wuhan* 430079, *China*)

Abstract: the gradedness of consciousness refers to whether conscious processing follows an “all-or-none” or “gradual” mode. The richness of consciousness refers to whether conscious representations are “rich” or “sparse”. Our consciousness experience is explored from these two perspectives, i.e., the quality and the scope of processing, respectively. These two topics represent two important pathways toward decoding one of the basic scientific inquiries of mankind, i.e., consciousness, in that any theory of consciousness formation must provide comprehensive, accurate, and reasonable explanations to them. A thorough analysis of recent research progress for these two topics could help to clarify existing contradictions and ongoing debates between different explanatory views, and to show that these two research topics are intrinsically connected since each can be traced back to the long-standing disputations on whether cognitive access is necessary for the formation of consciousness. Future empirical researches are expected to explore new theories about the gradedness and richness of consciousness, and to provide an integrated interpretation of the complex performance of the two under different experimental situations.

Keywords: consciousness, gradedness, richness, cognitive and neural mechanisms, theory of consciousness formation